

THESIS

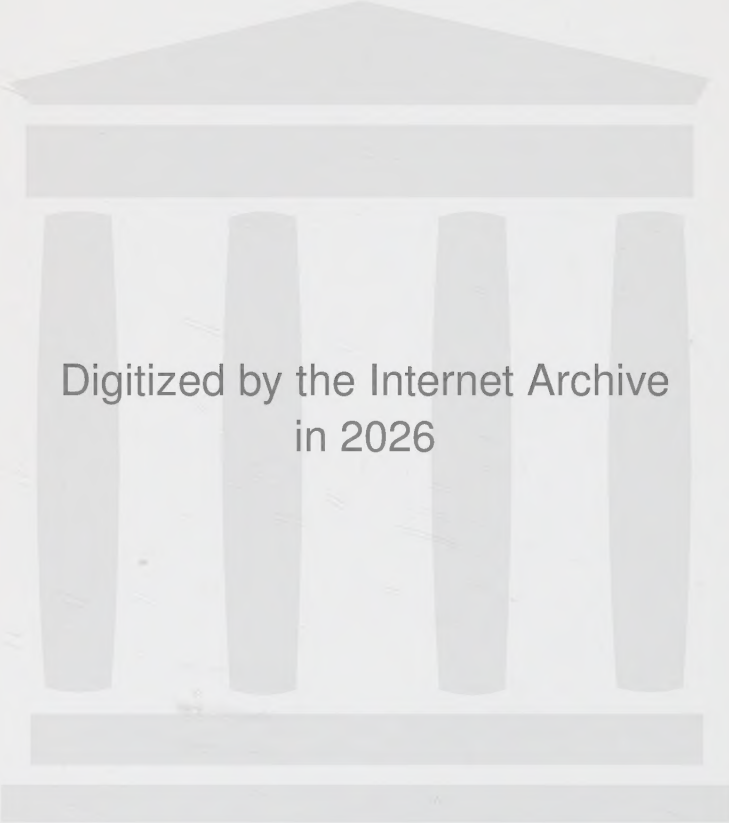
MUNICH

1966

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

Über den Einfluß der Tonographie
auf die Fluoresceinanreicherung
in der menschlichen Vorderkammer

MONIKA FRICKE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153516_0061

Aus der Augenklinik der Universität München

Direktor Prof. Dr. Wilhelm Rohrschneider

Über den Einfluß der Tonographie
auf die Fluoresceinanreicherung
in der menschlichen Vorderkammer

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwigs-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von Monika Fricke
aus Gütersloh

München 1966

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. Hans Remky
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. Wilhelm Rohrschneider
Dekan:	Prof. Dr. Rudolf Zenker
Tag d.mündl.Prfg.:	14.12.1965

Einleitung

Als Tonographie wird eine Untersuchungsmethode bezeichnet, die durch fortlaufende Messung des intraokularen Druckes während fünf Minuten unter bestimmten Voraussetzungen Hinweise auf den Abfluß von Kammerwasser unter der Kompressionswirkung des Gerätes liefert.

Bei der Aufstellung von Formeln zur Berechnung der Abflußleistung (Grant, Moses) ist die Möglichkeit einer Beeinflussung der Kammerwasserbildung durch den Meßvorgang nicht berücksichtigt worden, obwohl man annehmen könnte, daß in einem geschlossenen System unter künstlich gesteigertem Druck nicht nur der Abfluß, sondern auch der Zufluß verändert ist.

Eigene Untersuchungen hatten das Ziel, zur Klärung des Einflusses der Tonographie auf die Kammerwasserbildung beizutragen. Die praktische Bedeutung derartiger Untersuchungen ist darin zu sehen, daß im Falle einer Beeinflussung der Kammerwasserbildung die erwähnten Formeln zur Auswertung des Tonogramms keine zuverlässigen Werte liefern müßten.

Zur Untersuchung der Kammerwasserströmung im menschlichen Auge eignet sich in besonderem Maße die Beobachtung des Übertritts von intravenös injiziertem Fluorescein. Dieser Farbstoff, der ohne Nebenwirkungen in hoher Konzentration verabfolgt werden kann, wurde erstmals 1882 von Paul Ehrlich zu Permeabilitätsprüfungen am Auge benutzt. Seitdem Amsler und Huber 1946 eine einfache optische Bestimmungsmethode entwickelt

haben, sind zahlreiche Fragestellungen mit Hilfe des Fluorescein-tests bearbeitet worden.

Fluorescein, eine Verbindung von Phthalsäureanhydrid und Resorcin, als Elektrolyt negativ geladen, wird zu 90 Prozent an Serumweißkörper (Albumin) adsorbiert. Vom ungebundenen Restanteil gelangen nach Untersuchungen von Goldmann nur höchstens 10 Prozent in die Vorderkammer. Der Übertritt erfolgt vorwiegend im Bereich der Hinterkammer, deren Wandfläche um das Vielfache größer ist als die Vorderfläche der Iris; Goldmann hat ein Verhältnis von 7 : 2 gefunden. Im Sekretionsstrom sind nur Spuren von Fluorescein enthalten. Das Kammerwasser wird also ständig durch den fluoresceinfreien oder -armen Sekretionsstrom verdünnt.

Versuchsanordnung

1. Versuchspersonen: 30 augengesunde Studenten und
Studentinnen

2. Versuchsmethodik:

a) Mittels eines Zusatzgerätes zur Haag-Streitschen Spaltlampe 900 wurde ein Auge fünf Minuten lang unter gleichen Bedingungen wie bei der Tonographie komprimiert. Druck und Pelotte entsprachen den bei der Tonographie üblichen Bedingungen.

b) Fluorometrie: Intravenöse Injektion von 5ccm 10%iger Fluorescein-Natrium-Lösung, fortlaufende Fluorometrie beider Augen nach Amsler und Huber: Bestimmung derjenigen Stromstärke (Ampère), die zur Darstellung der Grünfärbung im Lichtbündel erforderlich ist. Diese Stromstärke ist nach Amsler und Huber innerhalb bestimmter Grenzen der Fluorescein-Konzentration umgekehrt proportional.

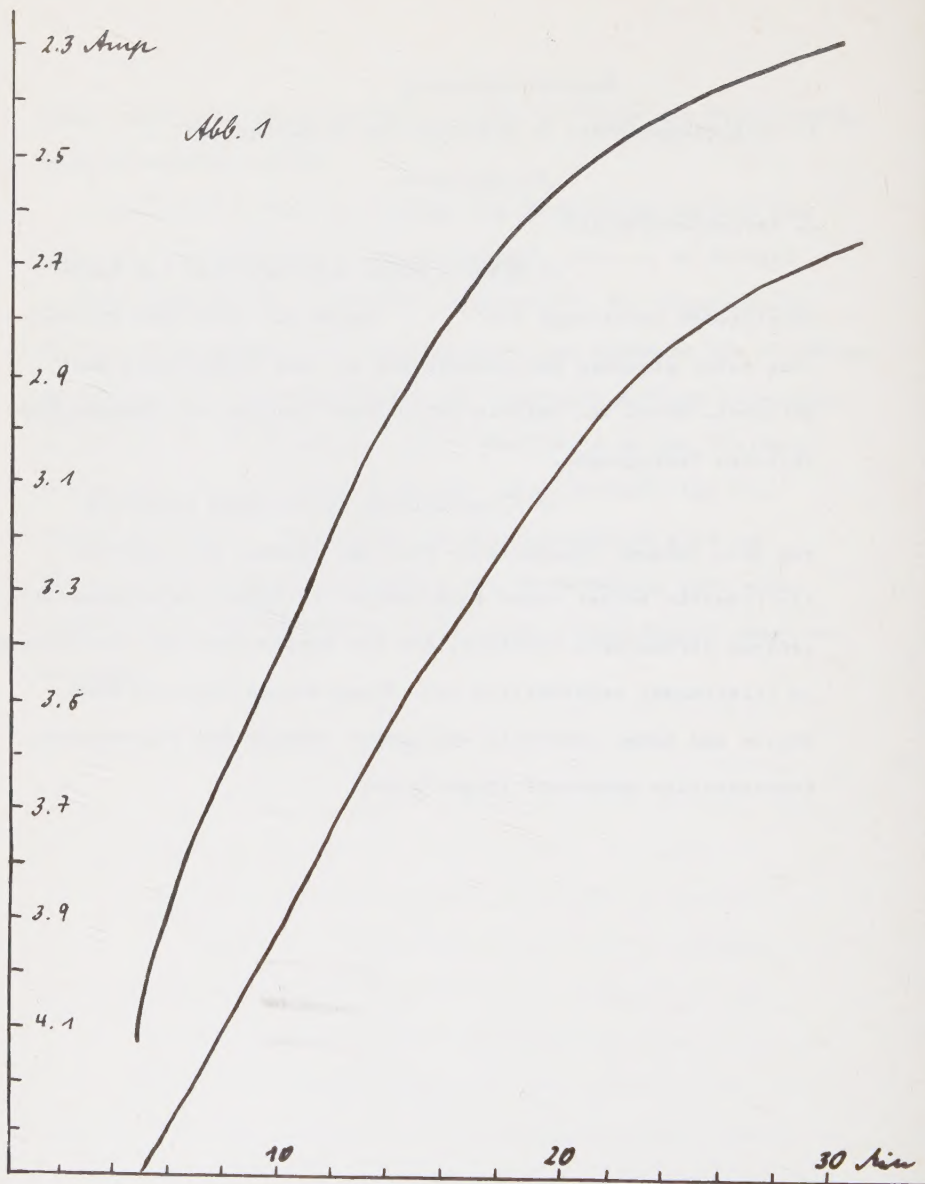


Abb. 1: Jaeck führte 1963 an 26 Personen Versuche unter gleichen Bedingungen durch. Ordinate: Stromstärke in Ampère, der Fluoresceinkonzentration umgekehrt proportional, Abszisse: Minuten der Fluorometrie. Untere Kurve: komprimiertes Auge, obere Kurve: unberührtes Vergleichsauge.

Vorversuche

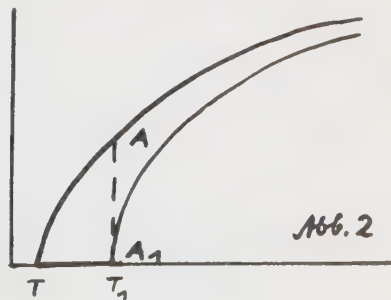
JaecK (1963) hatte unter gleichen Bedingungen 26 Versuchspersonen untersucht, bei denen ein Auge fünf Minuten lang entweder unmittelbar vor oder unmittelbar nach der Fluoresceinjektion wie bei der Tonographie belastet wurde. Die Fluorescein-Kurve des komprimierten Auges lag dabei signifikant niedriger als die des VergleichsAuges. (Abb. 2) Aus diesem Befund erhebt sich die Frage nach der Ursache der erwähnten Seitendifferenz.

Ergebnisse

Die eigenen Versuche wurden mit verschiedenen Intervallen zwischen Tonographie und Fluoresceinjektion vorgenommen: zehn, fünfzehn, zwanzig, dreißig und fünfundvierzig Minuten, Eine Stunde, eineinhalb, zwei, zweieinhalb und zweidreiviertel Stunden, in einzelnen Fällen auch bis zu sechzehn und vierundzwanzig Stunden. Es wurden jeweils zwei Versuchspersonen unter gleichen Bedingungen untersucht.

Bei kurzen Intervallen zwischen Belastung und Fluorometrie ergab der Vergleich der Fluorescein-Kurven regelmäßig eine Verzögerung des Übertritts in die Vorderkammer des belasteten Auges, ausgedrückt durch

- 1) Amplitudendifferenz ($A - A_1$ in Abb. 2) und
- 2) Differenz der "appearance-time" ($T - T_1$ in Abb. 2)



Maximalwerte der Differenz gegenüber dem Kontrollauge werden zu Beginn der Fluorometrie gemessen. Im Verlauf der über eine halbe Stunde durchgeführten Fluorometrie nimmt die Differenz kontinuierlich ab. Ein erhöhter Stromverbrauch für das komprimierte Auge bleibt jedoch bei kurzen Intervallen auch nach 30 Minuten noch nachweisbar. Die Fluorescein- Kurve des belasteten Auges liegt noch bei einstündigem Intervall deutlich unter der des unbelasteten (Abb. 3 und 4).

Verlängert man die Zeitspanne zwischen Kompression und Fluorometrie auf 60 bis 120 Minuten, so weichen die Ergebnisse nicht wesentlich von denen bei einstündigem Intervall ab. Die Konzentrationsdifferenz wird im ganzen geringer (Abb. 5 und 6).

Ist das Intervall größer als zwei Stunden, so verringert sich der Konzentrationsunterschied erheblich: die Kurven verlaufen in kleinerem Abstand voneinander. Außerdem erreicht in vielen Versuchen der Fluoresceingehalt des komprimierten Auges noch während der Fluorometrie dieselben Werte wie das unberührte: die Kurven treffen sich zu einem bestimmten Zeitpunkt der Messung, dessen Abstand vom Nullpunkt in Beziehung zur Länge des Intervalls steht. Die Nachwirkung der Kompression nimmt also nach zwei Stunden messbar ab (Abb. 7).

Es kommt hinzu, daß die Ergebnisse bei den einzelnen Versuchspersonen stark voneinander abweichen. Zum Teil verlaufen die Kurven mit ganz geringem Abstand während der 30 Minuten der Fluorometrie nahezu parallel, zum Teil läßt sich ein Konzentrationsunterschied nur in den ersten Minuten ermitteln. Diese Unstimmigkeit der Ergebnisse ist nicht allein auf die Schwierigkeit einer exakten Messung geringer Konzentrationsdifferenzen

zurückzuführen, sondern auch auf individuelle Unterschiede der Beeinflußbarkeit im Rahmen der biologischen Streuung.

Auf Grund dieser Beobachtung interessieren wiederholte Versuche, die an der gleichen Versuchsperson mit verschiedenen großen Intervallen vorgenommen wurden. Diese Versuche zeigten, daß nicht nur die Dauer der Beeinflußbarkeit von Person zu Person variiert; auch das Ausmaß der Reaktion, gemessen an der Höhe der Konzentrationsdifferenz, ist bei den einzelnen Personen Unterschiedlich.

Mit Verlängerung des Intervalls über zwei Stunden werden signifikante Unterschiede zwischen komprimiertem und Kontrollauge immer seltener. (Abb. 8 und 9).

Später als drei Stunden anach Kompression konnte bei keiner Versuchsperson ein Unterschied ermittelt werden.

In mehreren Fällen wurde nach der Kompression die Tiefe der Vorderkammer gemessen, die sich in keinem Falle als signifikant verkleinert erwies. Es erscheint also ausgeschlossen, daß eine Verminderung des Ruhevolumens der Vorderkammer die Ursache der Erniedrigung der Fluorescein- Kurve darstellt.

Ferner wurden einige Leerversuche an Personen vorgenommen, bei denen das im Hauptversuch angewandte Anästhetikum (Novesin, 0,2%ig) in den Bindehautsack instilliert war. Sie zeigten in keinem Falle Kurvendifferenz auf. Bei den oben aufgezeigten Seitenunterschieden handelt es sich also mit Sicherheit nicht um Einwirkungen der Oberflächenanästhesie.

Diskussion

Durch die Tonographie wird die Fluoresceinkurve erniedrigt. Als Ursache muß in erster Linie eine reaktive Steigerung der Kammerwassersekretion in Betracht gezogen werden: vermehrter Zustrom fluoresceinarmen beziehungsweise -freien Kammerwassers hat eine gesteigerte Durchspülung der Vorderkammer zur Folge. Goldmann konnte den Nachweis des umgekehrten Falles erbringen: Drosselung des Sekretionsstromes führt regelmäßig zu einer starken Erhöhung der Fluoresceinkurve.

Während der Tonographie wird der Augapfel ausgepreßt; die Vermutung erscheint naheliegend, daß das Sekretionssystem den künstlich herbeigeführten Kammerwasserverlust reflektorisch wieder auszugleichen sucht. Die oben demonstrierten Kurven deuten darauf hin, daß diese Reaktion überschießend erfolgt - wie dies auch bei anderen Regulationsautomatismen der Fall ist.

Eine Erniedrigung der Fluoresceinkurve kann auch nach Anwendung von Carboanhydrasehemmern beobachtet werden. Carboanhydrasehemmer drosseln den Sekretionsstrom: theoretisch müßte also eine Erhöhung der Fluoresceinkurve zu erwarten sein. Tatsächlich fand Franceschetti aber nach Diamoxanwendung erniedrigte Kurven. Es bleibt daher nur die Vermutung, daß Carboanhydrasehemmer nicht allein die Sekretion hemmen, sondern auch den Übertritt negativer Ionen erschweren, also auch die Permeabilität der Blut- Kammerwasser- Schranke beeinflussen.

Im Falle unserer Versuche wäre also auch die Möglichkeit einer Permeabilitätsherabsetzung zu erwägen. Es ist allerdings nicht wahrscheinlich, daß die Permeabilität der ziliaren

Endstrombahn durch eine relativ geringfügige und kurzdauernde Kompression stundenlang beeinträchtigt bleiben sollte.

Unsere Befunde deuten darauf hin, daß die Tonographie einen Regulationsmechanismus in Gang setzt, der bis zu fast drei Stunden wirksam bleibt . Unsere Fluoresceinkurven sprechen dafür, daß die Tonographie eine Hypersekretionsphase einleitet.

Für die praktische Durchführung der Tonographie bedeutet diese Feststellung, daß eine Wiederholung des Untersuchungs-
vorgangs frühestens nach drei Stunden wieder zuverlässige Aussagen über die Kammerwasserdynamik erwarten läßt.

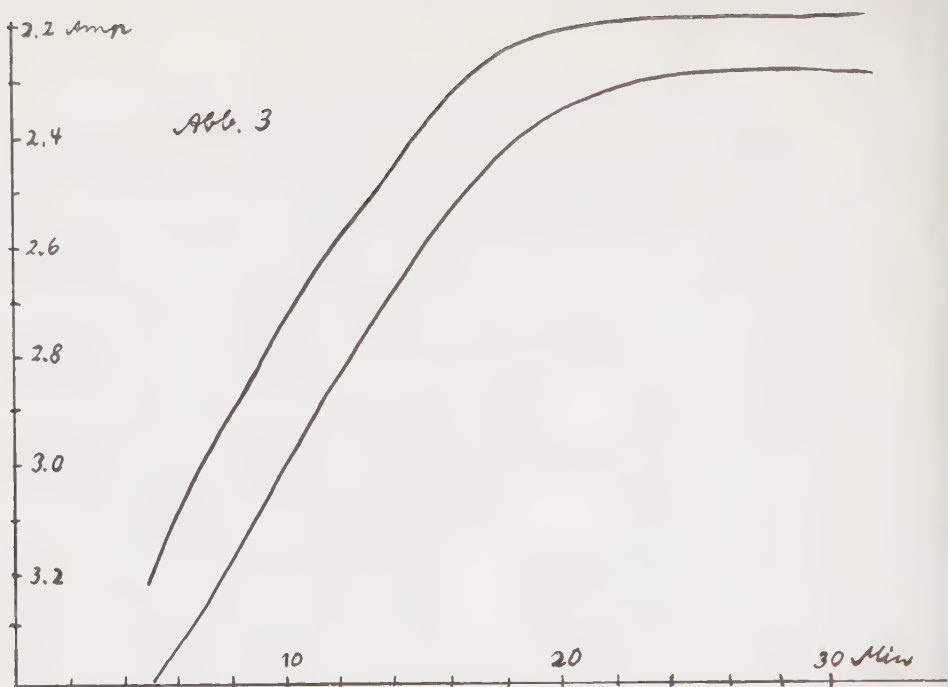
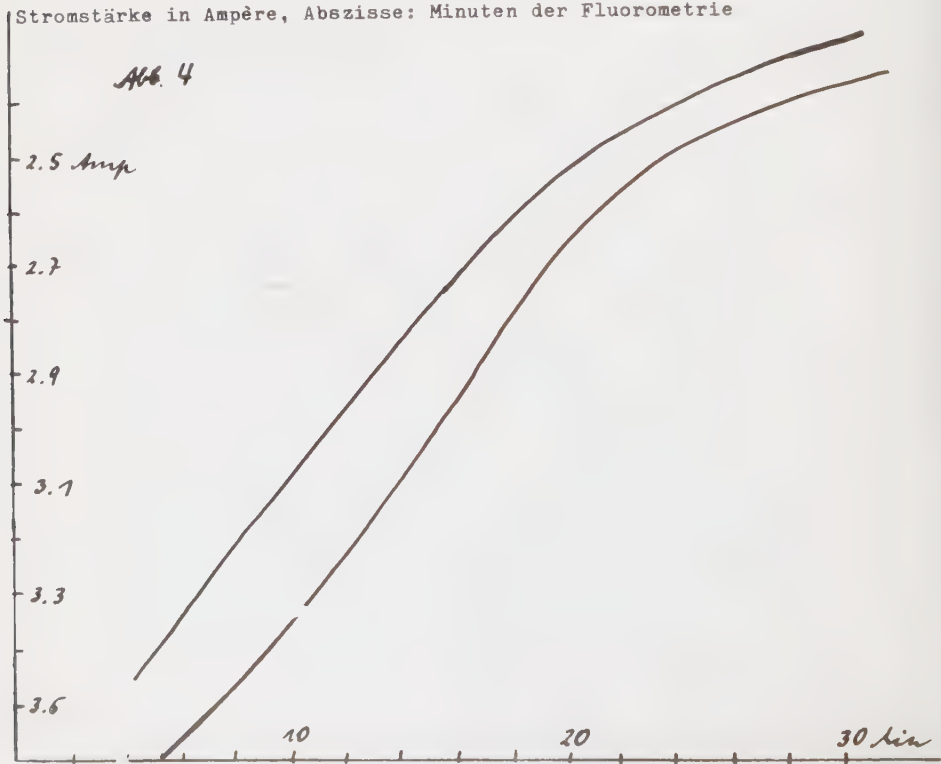


Abb. 3 und 4: Fluoresceinkurven des komprimierten (unten) und des unberührten Auges (oben) bei Intervallgrößen von 20 und 30 Minuten. Ordinate: Stromstärke in Ampère, Abszisse: Minuten der Fluorometrie



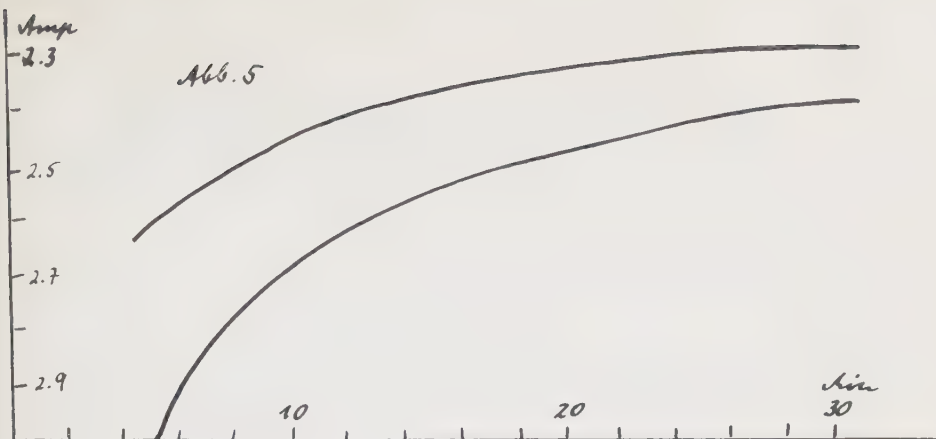
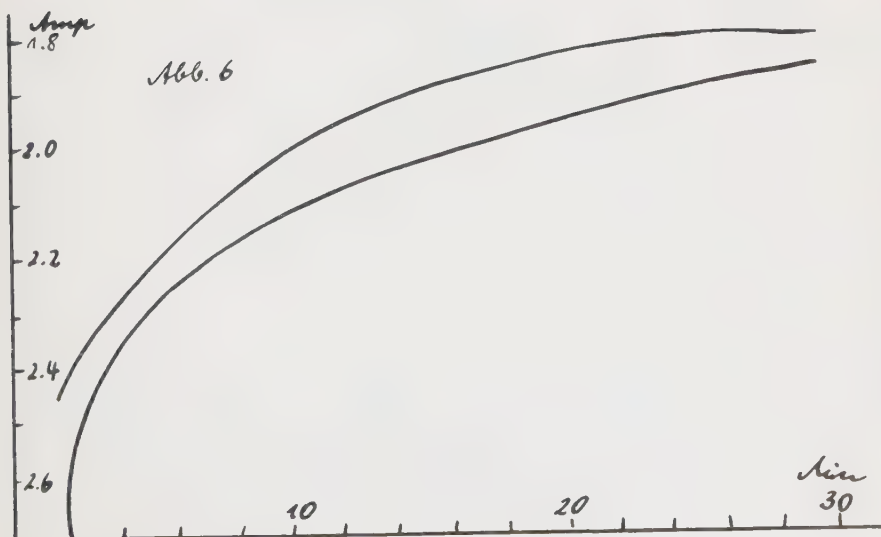


Abb. 5 und 6: Fluoresceinkurven des komprimierten (unten) und des unberührten Vergleichsauges (oben) bei Intervallgrößen von 60 und 90 Minuten. Ordinate: Stromstärke in Ampère, Abszisse: Minuten der Fluorometrie



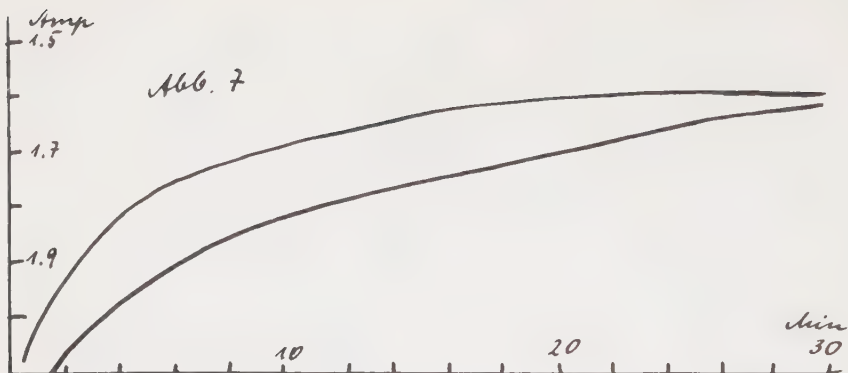
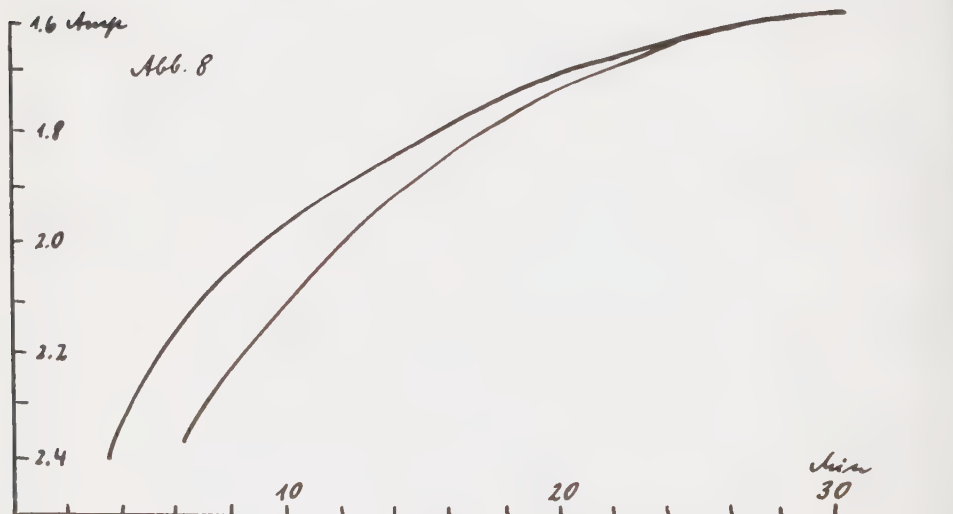


Abb. 7 und 8: Fluoresceinkurven des belasteten (unten) und des unbelasteten (oben) Auges bei Intervallgrößen von zwei und zweieinhalb Stunden.
Ordinate: Stromstärke in Ampère, Abszisse: Minuten der Fluorometrie



Augap

-1.3 Abb. 9

-1.5

-1.7

-1.9

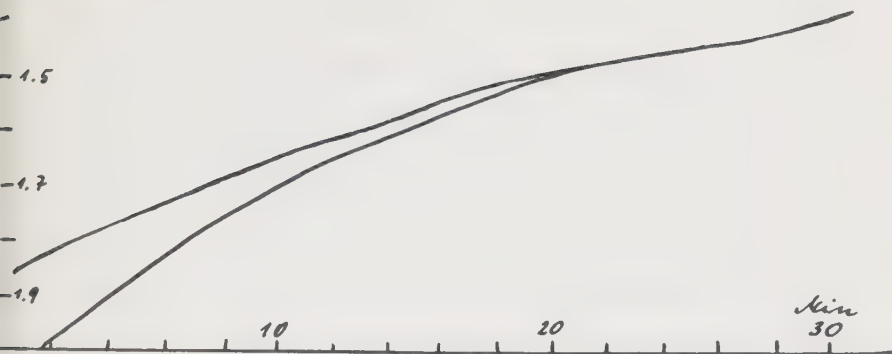


Abb. 9: Fluoresceinkurven des belasteten (unten) und des unbelasteten (oben) Auges bei einem Intervall von drei Stunden. Ordinate: Stromstärke in Ampère, Abszisse: Minuten der Fluorometrie.

Literaturverzeichnis

- AMSLER, M. und HUBER, A.: Ophthalmologica 111, 1946, S. 155-176
Methodik und erste klinische Ergebnisse einer
Funktionsprüfung der Blut-Kammerwasser-Schranke.
- EHRlich, P.: Deutsche medizinische Wochenschrift 2 ff, 1882
Über provozierte Fluoreszenzerscheinungen am Auge.
- FRANCESCHETTI, A.: Documenta ophth. 11, 1957, S. 196 - 213
Über den Einfluß von Azetazolamid auf die Chemie
des Kammerwassers.
- GOLDMANN, H.: Ophthalmologica 119, 1950, S. 65 - 90 Über
Fluorescein in der Vorderkammer des Menschen.
- Ophthalmologica 120, 1950, S. 150- 156. Das Minuten=
volumen der menschlichen Vorderkammer bei Normalen
und bei Fällen mit primärem Glaukom.
- Documenta ophth., V/VI, 1951, S. 278 - 356
- GRANT, W. M.: A.M.A. Archiv für Ophthalmologie 44, 1950, S. 204-214
Tonographic method for measuring the facility and
rate of aqueous outflow in human eyes.
- A.M.A. Archiv für Ophthalmologie 46, 1950, S. 113-131
Clinical measurments of aqueous outflow.
- LEYDHECKER, W.: Glaukom, ein Handbuch, 1960.
- REMKY, H.: Der Augenarzt III/1960, S. 495- 530
Die Kammerwasserräume des menschlichen Auges.
- WEGNER, W.: Zeitschrift für Augenheilkunde 55, 1923, S. 381-392
Massagewirkung und Stauungsversuche am normalen
und glaukomatösen Auge.

Herrn Prof. Dr. Hans Remky danke ich herzlich
für die Überlassung des Themas und die freundliche
Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Wilhelm Rohrschneider bin
ich für die Übernahme desCoreferates sehr zu Dank verpflichtet.

Lebenslauf

25.6.1940 geboren in Königsberg/ Preußen als zweites
Kind des Facharztes für Urologie Dr. med.
Otto Fricke und seiner Frau Fränze Fricke,
geborene Goldenbaum

1946- 50 Besuch der Volksschule in Gütersloh/Westfalen

1950- 59 Besuch des Neusprachlichen Mädchengymnasiums
in Gütersloh. Reifeprüfung im März 1959

1959- 63 Studium an der Universität Hamburg. Physikum
im Oktober 1962

1963 Studium in Würzburg und Innsbruck

1964 Studium in München. Staatsexamen im Herbst 1964

Zur Zeit als Medizinalassistentin am
Städtischen Krankenhaus Gütersloh

